动 物 学 研 究 2007, Oct. 28(5): 519－525 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

东北松嫩草原重度退化草地两种典型植被恢复处理方式间土壤螨类群落特征比较

吴东辉[1,2]，尹文英[2]，阎日青[3]

（1. 吉林大学 地球科学学院，吉林 长春 130061；2. 中国科学院上海植物生理生态研究所，上海 200032；
3. 长春宏日生态治理有限公司，吉林 长春 130062）

摘要：于2005年5—10月在东北松嫩草原中南部十三泡草场，采用室内Tullgren法分离获取螨类，对土壤螨类进行采样，应用类群数、个体密度、多样性指数和MI指数等多个群落参数，研究植被恢复方式对重度碱化退化草地土壤螨类群落特征的影响。共捕获土壤螨类1104只，分别隶属于3亚目41属。结果表明，重度碱化退化草地土壤螨类稀少；围栏封育和种植碱茅两种植被恢复方式均能改善该类草地土壤螨类群落环境，提高了螨类的类群数、个体密度、群落多样性以及中气门螨类MI指数。但围栏封育和种植碱茅两种植被恢复方式之间也存在明显差异，种植碱茅较围栏封育更能显著提高土壤螨类个体密度；种植碱茅样地土壤螨类MI指数显著高于围栏封育样地，捕食性螨类K-选择类群比例更高，土壤螨类群落环境更好。对于松嫩草原重度碱化退化草地，选择种植碱茅方式可能更利于草地土壤螨类群落的恢复与重建。

关键词：土壤螨类；碱化退化；植被恢复；松嫩草原
中图分类号：Q958.15; Q959.22; S154 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853-(2007)05-0519-07

Effects of Vegetation Reclamation Practices on Soil Mite Communities in Seriously Alkalinized and Degraded Grasslands of Songnen, Northeastern China

WU Dong-hui[1,2], YIN Wen-ying[2]，YAN Ri-qing[3]

(1. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun* 130061, *China*;
2. *Institute of Plant Physiology & Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences, CAS, Shanghai* 200032, *China*;
3. *Corporation of Ecological Reclamation, the Hongri Groups, Changchun* 130062, *China*)

Abstract: In this paper，the data on the soil mites under different vegetation reclamation practices were collected using the Tullgren method, in seriously alkalinized and degraded grasslands of Songnen, Northeastern China between May and October in 2005. Using the community parameters of generic richness, abundance, diversity index, and maturity index (MI) (Mesostigmata), the community structure and its seasonal changes were described. A total of 1 104 soil mite individuals were captured and classified into 41 genera. Our results showed that fencing an enclosure and planting *Puccinellia chinampoensis* substantially improved soil mite communities after five years reclamation, and less mites were taken in the control treatment. Mite abundance and MI were significantly increased when *P. chinampoensis* was planted than under fencing enclosure treatments. MI index indicated that planting *P. chinampoensis* altered the ratio of *K*-selection of soil predatory mites after reclamation. The results suggested that planting *P. chinampoensis* may be more beneficial to restoring soil mite communities, than fencing enclosures in seriously alkalinized and degraded grasslands of Songnen.

Key words：Soil mites; Alkalinized and degraded; Vegetation reclamation; Songnen grasslands

一般把草地退化、草地盐碱化和草地沙化称之为“草地三化”，其中草地盐碱化是松嫩草原“草地三化”的主体。目前，“草地三化”面积已占天然草地面积的85%以上，而盐碱化草地约占天然草地总面

收稿日期：2007-04-21；接受日期：2007-08-18
基金项目：国家自然科学基金资助项目（40601047）；中国科学院知识创新工程重要方向资助项目（KZCX3-SW-356）；吉林大学创新基金资助项目（4CX105）；中国博士后科学基金资助项目（20060390643）
第一作者简介：吴东辉（1971-），男，博士后，主要从事土壤动物生态学研究。E-mail: wudhyang@yahoo.com.cn; Tel: 021-54924182, 0431-87623736

积的65%左右，而且盐碱化程度依然不断加剧（Liu，2001）。近年来，有关该草原碱化退化草地生态系统恢复与重建的研究受到广泛关注，但许多学者多致力于植被恢复和土壤理化性质改良两大方面(Song et al, 2003; Zhu et al, 2004)，而对包括螨类在内的土壤动物的恢复研究涉及不多(Wu et al, 2004)。

螨类是分布极广的一类中小型节肢动物，其种类和数量都非常丰富，是陆地生态系统的重要组成部分 (Yin, 1992; Zhang et al, 2002)，在土壤生态过程中扮演重要角色。其生态特征的恢复应该是草地生态系统恢复研究的重要内容，同时其研究结果也能为更科学地评价植被恢复程度提供新的评价指标和方法（Ke et al, 2002; Wu et al, 2005）。本文以松嫩草原重度碱化退化草地植被恢复长期定位试验为基础，研究不同植被恢复方式下草地土壤螨类群落特征，旨在了解植被恢复方式对重度碱化退化草地螨类群落特征的影响，为提高重度碱化退化草地生态系统恢复与重建质量，促进土壤生态系统健康发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样地选择

试验区位于东北松嫩草原中南部长岭县十三泡草场，地理位置为东经 123º09'，北纬 44º31'。气候属温带大陆性季风气候，四季分明，降水集中在6—9 月。地貌属低平原,土壤为碱性较强的碱化草甸土。植被类型为以羊草（*Leymus chinensis*）为优势种的草甸草原，由于长期过牧和开荒,植被严重退化，部分地段已成连片裸地，退化等级为重度（Liu，2001）。

试验样地设置在坡降为 1/5000 的平坦地段，植物群落为碱蓬（*Suaeda glauca*）+虎尾草（*Chloris virgata*）群丛，盖度不足 5%，土壤碱化强烈，采用围拦封育和种植碱茅（朝鲜碱茅 *Puccinellia chinampoensis*）两种植被恢复处理，随机区组设计，4 次重复，同时设置过度放牧样地为对照。样地连续处理 5 年。

至采样时止，植被外貌变化显著，围栏封育样地已自然演替为虎尾草+碱茅+碱蓬群落，植被盖度达 60%；种植碱茅样地采用初期人工干预（整地、灌溉和施肥），后期自然演替处理，碱茅长势良好，群落中已有羊草出现，植被盖度高达 90%；过度放牧样地进一步退化，基本变为裸地，碱蓬和虎尾草只有在雨季出现，其中虎尾草几乎全被家畜采食。

1.2 样品采集与处理

2005年5月初（春季）、7月末（夏季）和10月初（秋季）共3次对研究样地进行土壤螨类取样，其中冬季由于严寒，土壤中几乎无土壤动物活动，所以冬季未采样。每个样地取样面积10cm×10cm，各样地取样深度20cm，沿土壤剖面划分为0—5cm、5—10cm、10—15cm和15—20cm四层，共采集用于提取土壤螨类的土壤样品144份。Tullgren法实验室分离提取土壤螨类，螨类标本主要依据《中国土壤动物检索图鉴》鉴定（Yin，1998）。一般鉴定到属，同时统计个体数量。土壤化学性质主要依据《土壤农业化学分析方法》测定(Lu, 1999)：有机质，重铬酸钾氧化法；全氮，凯氏法；阳离子交换量，乙酸钠—火焰光度法；交换性钠，乙酸铵—氢氧化铵交换—火焰光度法；pH值，电位法。土壤物理性质应用常规方法测定，环刀法测定土壤容重。

1.3 数据分析与处理

各类群数量优势度的划分：个体数占总捕获量10%以上者为优势类群(+++)，个体数占总捕获量1%—10%为常见类群(++)，个体数占总捕获量1%以下为稀有类群(+)(Yin et al, 2003)。

群落多样性分析：运用H'指数、Margalef丰富度指数和Pielou均匀度指数相结合说明土壤动物群落的多样性（Jennifer et al, 2001）。公式如下：

(1)Shannon-Wiener 指数（H'）：

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \ln P_i$$

其中，P_i 为土壤螨群落第 i 类群个体数占总个体数的比例; S 为土壤螨群落中所有螨类群数。

（2）Margalef丰富度（SR）：$SR = (S-1)/\ln N$ 其中N 为土壤螨类群落全部类群的个体总数。

（3）Pielou均匀度（J）：$J = H'/\ln S$

中气门亚目（Mesostigmata）群落结构分析**：**中气门亚目是重要的捕食性螨类，本文采用MI(maturity index)指数表达各生境中气门亚目土壤螨类群落结构特征，MI指数是由Ruf在1998年提出，通过计算土壤中捕食性螨类k选择类群和r选择类群比例的变化来反映螨类群落结构特征，用以评价环

境对螨类群落的影响(Ruf, 1998)。公式如下：

$$（4）MI=\frac{\sum_{i=1}^{s}K_i}{\sum_{i=1}^{s}K_i+\sum_{i=1}^{s}r_i}$$

s为土壤螨群落中气门亚目螨类属数，K_i为第i属所在科的K值，r_i为第i属所在科的r值。主要是依据各科螨类每天的产卵率和发育速度，以及螨类的扩散能力和种群动态确定土壤捕食性螨类K-值或 r-值(Ruf, 1998)。

数据统计处理：运用Statistica统计分析软件完成(Ke et al, 2004)。

2　结　果

2.1　各样地土壤理化性质分析

各样地土壤有机质、全氮和总孔隙度随土层深度的增加呈递减趋势，而碱化度、pH值和容重则随土层深度的增加而升高。土壤理化性质随植被恢复处理方式不同存在较大差异：与过度放牧样地相比，围栏封育和种植碱茅样地土壤理化环境得到一定程度改善；但种植碱茅样地土壤有机质、全氮和总孔隙度相对高于围栏封育样地，而容重、碱化度和pH值相对低于围栏封育样地。而作为对照的过度放牧样地土壤理化性质最差，有机质、全氮和总孔隙度均为最低，碱化度、pH值和容重均为最高（表1），其土壤中下层均为碱化层。

2.2　土壤螨类群落组成

本项研究共捕获土壤螨类 1 104 只，分隶于 3 亚目 41 属（表 2）。其中围栏封育样地共捕获螨类 30 属 457 只；种植碱茅样地共捕获螨类 34 属 639 只；过度放牧样地仅有螨类 5 属 8 只。

2.3　土壤螨类的生态分布

2.3.1　垂直分布　各样地螨类群落个体密度和类群属数表聚性显著。样地间比较，种植碱茅样地螨类个体密度和类群属数表聚性均大于围栏封育样地，其中春季和秋季差别最明显（图 1）。

2.3.2　水平分布　种植碱茅样地螨类个体密度和类群属数均高于围栏封育样地，其中个体密度差异达到极显著水平(P<0.001)。螨类个体密度季节间差异比较明显 (P<0.01)，春季个体密度显著高于夏季和秋季。同类样地不同季节和相同季节、以及不同样地间比较，螨类个体密度差异显著，类群属数也差异显著 (P<0.05)。植被恢复方式与季节变化间显著性比较，植被恢复方式对螨类群落个体密度影响显著于季节变化作用（表 3 和表 5）。

2.3.3　群落多样性　样地间螨类群落多样性相比，多样性 H'指数和丰富度 SR 指数，种植碱茅样地高于围栏封育样地；均匀度 J 指数，围栏封育样地高于种植碱茅样地（表 5）。季节间群落多样性比较，多样性 H'指数和丰富度 SR 指数，春季>夏季>秋季；均匀度 J 指数，夏季>春季>秋季。方差分析显示，多样性 H'指数、均匀度 J 指数和丰富度 SR 指数，无论样地间还是季节间差异均不显著 (P > 0.05)（表 3）。同类样地不同季节和相同季节不同样地间比较，多样性 H'指数和丰富度 SR 指数均差异显著(P < 0.05)，而均匀度 J 指数差异未达到显著水平(P>0.05)。

表 1　两种植被恢复处理土壤的主要理化数据

Tab. 1　Major properties of soil under different vegetation reclamation practices

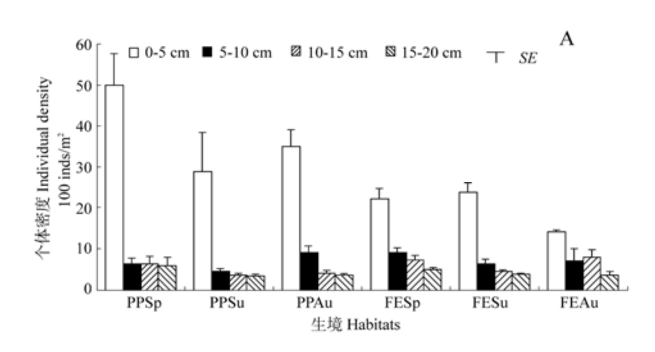
深度(cm)		有机质（%）Organic matter	全氮（%）Total Nitrogen	容重(g/cm^3) Volume weight	总孔隙度（%）Total porosity	碱化度（%）Na^+/CEC	pH 值 pH value
围栏封育 Fencing enclosure	0-5	0.64±0.02	0.039±0.009	1.22±0.06	54.12±7.02	14.79±1.65	9.69±0.21
	5-10	0.48±0.02	0.035±0.007	1.35±0.04	49.01±4.88	18.30±1.33	9.89±0.12
	10-15	0.42±0.01	0.033±0.006	1.53±0.04	42.32±4.37	21.92±3.26	9.91±0.33
	15-20	0.40±0.01	0.027±0.006	1.55±0.03	41.38±3.33	21.16±2.59	10.11±0.10
种植碱茅 Planting *Puccinellia chinampoensis*	0-5	4.13±0.11	0.279±0.014	1.17±0.03	55.81±3.21	4.53±0.56	8.79±0.37
	5-10	2.26±0.07	0.140±0.012	1.26±0.08	52.56±6.09	4.83±0.22	8.77±0.25
	10-15	1.25±0.05	0.075±0.009	1.27±0.06	52.08±5.82	6.20±0.39	8.80±0.29
	15-20	0.96±0.02	0.035±0.007	1.33±0.02	49.88±3.34	10.97±1.05	8.87±0.15
过度放牧 Over grazing	0-5	0.43±0.01	0.037±0.004	1.44±0.05	45.70±6.19	27.47±2.49	10.41±0.42
	5-10	0.33±0.01	0.018±0.002	1.50±0.05	43.51±4.17	43.07±6.11	10.52±0.38
	10-15	0.27±0.01	0.017±0.001	1.68±0.03	35.85±2.69	47.33±8.63	10.52±0.18
	15-20	0.24±0.01	0.013±0.002	1.70±0.02	36.52±3.91	47.09±5.89	10.58±0.29

表 2　两种植被恢复方式下土壤中螨类的个体数和优势度

Tab. 2　Individuals and dominance of soil mites under different vegetation reclamation practices

土壤螨类名称 Name of soil mites	围栏封育 FE		种植碱茅 PP		过度放牧 OG	
	个体数 Individuals	优势度 Dominance	个体数 Individuals	优势度 Dominance	个体数 Individuals	优势度 Dominance
原大翼甲螨属 *Protokalumna*	9	+	83	+++		
吸螨属 *Bdella*	53	+++	78	+++		
肉食螨属 *Cheylteus*	29	+	66	+++		
长须螨属 *Stigmaeus*	37	++	56	++	3	+++
下盾螨属 *Hypoaspis*	56	+++	52	++	1	++
携卵螨科 Labidostommidae	44	++				
厚厉螨属 *Pachylaelaps*	3	+	43	++		
缰板鳃甲螨属 *Chamobates*	3	+	36	++		
大翼甲螨属 *Galumna*			30	++		
莓螨科 Rhagidiidae	21	++			1	++
美绥螨属 *Ameroseius*	9	++	21	++		
盾螨属 *Scutaracus*	3	+	18	++		
盲蛛螨科 Caeculidae	81	++	16	++	1	++
布伦螨属 *Brennandania*	15	++				
全盾螨属 *Holaspulus*	4	+	15	++		
小黑螨属 *Caligonella*	3	+	13	++		
木单翼甲螨属 *Xylobates*	7	++	11	++	2	+++
微奥甲螨属 *Microppia*			11	++		
尖棱甲螨属 *Ceratozetes*			10	++		
穴螨属 *Zercon*	11	++	9	++		
步甲螨属 *Carabodes*			9	++		
赤螨科 Erythraeidae			8	++		
尾足螨科 Uropodidae	3	+	7	++		
拟上罗甲螨属 *Epilohmannoides*	6	++				
前小派盾螨属 *Proparholaspulus*			6	+		
奥甲螨属 *Oppia*	6	++	6	+		
上罗甲螨属 *Epilohmannia*	4	+	6	+		
奇矮螨属 *Allopygmephorus*	5	++				
绒螨科 Trombidiidae	3	+	4	+		
缝鄂螨属 *Raphignathus*	4	+	4	+		
寄螨科 Parasitidae	4	+				
下盾甲螨属 *Hypovertex*	4	+	4	+		
囊螨属 *Ascidae*	3	+				
庭甲螨属 *Dometorina*	11	++	3	+		
叶爪螨科 Penthaleidae			3	+		
丽甲螨属 *Liacarus*			2	+		
小奥甲螨属 *Oppiella*	12	++	2	+		
懒甲螨属 *Nothrus*			2	+		
沙甲螨属 *Eremulus*			2	+		
麦氏螨属 *Mahunkania*	4	+	2	+		
厚绥螨属 *Pachyseius*			1	+		
合计 Total	457		639		8	

FE：Fencing enclosure；PP：Planting *Puccinellia chinampoensis*；OG：Over grazing.



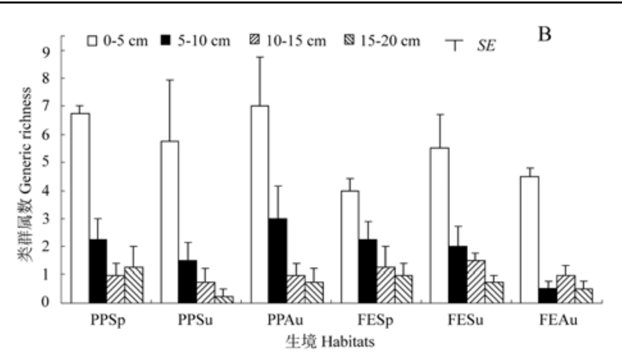


图1　两种植被恢复方式土壤螨类个体密度(A)和类群属数（B）在土壤中的垂直分布和季节变化(100 inds./m^2)

Fig.1　Vertical distribution and seasonal change in individual density (A) and groups (genera) (B) of soil mites under different vegetation reclamation practices

FE：围栏封育（Fencing enclosure）；PP：种植碱茅（Planting *Puccinellia chinampoensis*）；OG：过度放牧（Over grazing）。
Sp：春季（Spring）；Su：夏季（Summer）；Au：秋季（Autumn）；SE 标准误差（Standard error）。

表 3　不同植被恢复条件和季节变化对土壤螨类群落结构的影响

Tab.3　Effect of different vegetation reclamation practices and seasons on the structure of soil mite communities

项目 Item	*df*	类群属数 Genus number		个体密度 Density		多样性*H'* Diversity		均匀度*J* Evenness		丰富度*SR* Richness		MI index	
		F	*P*	*F*	*P*	*F*	*P*	*F*	*P*	*F*	*P*	*F*	*P*
生境 Habitats	1	1.072	ns	27.773	***	0.391	ns	0.001	ns	0.271	ns	5.202	ns
季节 Seasons	2	0.577	ns	12.915	***	0.518	ns	0.874	ns	0.293	ns	4.044	*
交互作用 Interaction	2	3.651	*	5.766	*	7.461	**	2.073	ns	3.837	*	3.912	*

$^{***}P < 0.001$；$^{**}P < 0.01$；$^{*}P < 0.05$；$^{ns}P > 0.05$.

表 4　土壤捕食性螨类（中气门亚目）的 *r*-值和 *K*-值

Tab. 4　*K*- or *r*- values assigned to soil predatory mites (Mesostigmata)

土壤螨类（科） Soil mites (Family)	*K*-值 *K*-value	*r*-值 *r*-value	土壤螨类（科） Soil mites (Family)	*K*-值 *K*-value	*r*-值 *r*-value
美绥螨科 Ameroseiidae	3		寄螨科 Parasitidae		4
囊螨科 Ascidae		1	派盾螨科 Parholaspididae	2	
厉螨科 Laelapidae		1	蚖螨科 Zerconidae	3	
厚厉螨科 Pachylaelapidae	1				

2.4　中气门亚目螨类群落结构特征

采用 MI 指数研究不同植被恢复方式下松嫩草原重度碱化退化草地土壤中气门亚目螨类群落结构的差异。中气门亚目螨类类群 *K*-值和 *r*-值见表 4，MI 指数计算结果见表 5。样地间比较，MI 指数种植碱茅样地显著高于围栏封育样地($P < 0.01$)（表 3）。季节间比较，夏季 MI 指数最高，秋季次之，春季最低；其中夏季显著高于春季 ($P < 0.05$)。此外，同类样地不同季节和相同季节不同样地间相比，MI 指数也显著不同，其中秋季样地间差异最明显。

4　讨　论

围栏封育是重度碱化退化草地自然恢复最为经济的方法，可以使植物在自然恢复过程中得以休养生息，群落结构发生改变，植被按正向演替进行，使重度碱化退化草地自然恢复到原来面貌。而种植碱茅等耐盐碱牧草也能治理重度碱化退化草地，其中碱茅是一种多年生禾本科牧草，具有较强的耐盐碱能力。在有灌溉的条件下，重度盐碱地均可种植

表 5　不同植被恢复与重建条件下土壤螨类群落结构

Tab. 5　Structure of soil mite communities under different vegetation reclamation practices

因子 Factors		类群数 Genus number		个体密度 Density		多样性 H′ Diversity		均匀度 J Evenness		丰富度 SR Richness		MI index	
		平均值 Mean	标准误差 *SE*	平均值 Mean	标准误差 *SE*	平均值 Mean	标准误差 *SE*	平均值 Mean	标准误差 *SE*	平均值 Mean	标准误差 *SE*	平均值 Mean	标准误差 *SE*
FE		7.167^{ns}	0.684	38.083^{b}	1.967	0.775^{ns}	0.049	0.923^{ns}	0.026	3.873^{ns}	0.381	0.401^{b}	0.072
PP		8.250^{ns}	0.889	53.250^{a}	4.120	0.808^{ns}	0.042	0.922^{ns}	0.021	4.171^{ns}	0.479	0.486^{a}	0.096
Sp		8.500^{ns}	0.802	55.875^{a}	4.871	0.827^{ns}	0.036	0.908^{ns}	0.031	4.320^{ns}	0.446	0.416^{b}	0.081
Su		7.375^{ns}	0.709	39.125^{b}	3.451	0.785^{ns}	0.065	0.952^{ns}	0.013	3.945^{ns}	0.670	0.473^{a}	0.065
Au		7.250^{ns}	0.921	42.000^{b}	3.901	0.763^{ns}	0.066	0.907^{ns}	0.036	3.801^{ns}	0.474	0.442^{ab}	0.099
FE	Sp	8.250^{ab}	0.831	43.500^{bc}	1.555	0.860^{ab}	0.059	0.947^{ns}	0.015	4.426^{a}	0.633	0.405^{bc}	0.076
	Su	8.250^{ab}	0.850	38.250^{bc}	4.347	0.861^{ab}	0.081	0.954^{ns}	0.018	4.546^{a}	0.666	0.464^{ab}	0.070
	Au	5.000^{b}	0.408	32.500^{c}	1.041	0.606^{c}	0.050	0.867^{ns}	0.071	2.649^{b}	0.034	0.334^{c}	0.092
PP	Sp	8.750^{ab}	0. 737	68.250^{a}	2.496	0.795^{abc}	0.043	0.868^{ns}	0.056	4.215^{a}	0.720	0.426^{bc}	0.056
	Su	6.500^{ab}	0. 917	40.000^{bc}	6.014	0.709^{bc}	0.095	0.951^{ns}	0.022	3.344^{ab}	1.188	0.481^{ab}	0.070
	Au	9.500^{a}	0.645	51.500^{b}	3.122	0.920^{a}	0.035	0.947^{ns}	0.003	4.953^{a}	0.401	0.550^{a}	0.029

FE：围栏封育（Fencing enclosure）；PP：种植碱茅（Planting *Puccinellia chinampoensis*）；OG：过度放牧（Over grazing）。

Sp：春季（Spring）；Su：夏季（Summer）；Au：秋季（Autumn）；SE 标准误差（Standard error）。

不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$，Duncan method），ns 表示同组内均无显著性差异（Small letters denote statistical significance, same letters indicate no significant differences, different letters indicate significant differences（$P<0.05$ by Duncan method）, ns indicates no significant difference occurred in the whole group）。

碱茅，尤其在豆科牧草不能生长的盐碱化退化草地上种植，是一种难得的先锋植物（Zhu, 2004）。在本研究中，过度放牧使重度碱化退化草地植被更加退化，群落盖度小，近乎裸地，土壤 pH 值高达 10 以上，土壤结构紧密，孔隙小，土壤贫瘠，有机质含量不足 5 g/kg，土壤碱化强烈。受恶化的土壤理化环境影响，其螨类捕获量极为稀少。而实施围栏封育和种植碱茅后，土壤变得相对疏松，孔隙增多，有机质含量相对增加，光碱斑裸地面积缩小，土壤 pH 值下降，碱化度明显降低。随着土壤理化性质改善，各植被恢复处理样地土壤螨类群落环境也有好转。

对于重度碱化退化草地，本文研究结果显示围栏封育和种植碱茅两种植被恢复处理方式对土壤螨类群落特征确有一定改善作用，能够提高螨类的类群属数、个体密度、群落多样性以及中气门螨类MI指数。但两种处理方式的结果也存在一定的差异，主要表现在种植碱茅较围栏封育更能显著提高土壤螨类个体密度，其土壤中气门螨类MI指数显著高于围栏封育样地等方面。种植碱茅样地螨类MI指数显著高于围栏封育样地，意味着群落*k*选择类群数比例越高，也就是环境越稳定(Ruf, 1998)。尽管在种植碱茅样地处理初期存在整地、灌溉和施肥等人为干扰活动，但后期该样地已经过渡成自然演替，植被土壤环境相对更为良好。对于松嫩草原重度碱化退化草地，选择种植碱茅方式可能比围栏封育更利于草地土壤螨类群落的恢复与重建。

参考文献：

Ke X, Liang WJ, Yu WT, Xie RD, Weng CL, Yang Y M, Yin WY. 2004. Community structure and seasonal change of soil micro-arthropodes in the lower reaches of Liaohe River plain under different land utilization [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, **15**（4）: 600-604. [柯　欣, 梁文举, 宇万太, 谢荣栋, 翁朝联, 杨毅明, 尹文英. 2004.下辽河平原不同土地利用方式下土壤微节肢动物群落结构研究. 应用生态学报, **15**（4）: 600-604.]

Ke X, Yue QY, Fu RS, Xie RD, Weng CL, Yang YM, Yin WY. 2002. Soil fauna community and bio-assessment of soil acidity in beach land of Eastern Shanghai [J]. *Zool Res*, **23**（2）: 129-135. [柯　欣, 岳巧云, 傅荣恕, 谢荣栋, 翁朝联, 杨毅明, 尹文英. 2002. 浦东滩涂中型土壤动物群落结构及土质酸碱度生物评价分析. 动物学研究, **23**（2）: 129-135.]

Liu XT. 2001. Management on Degraded Land and Agricultural

Development in Songnen Plain [M]. Beijing: Science Press, 62-192. [刘兴土. 2001. 松嫩平原退化土地整治与农业发展. 北京: 科学出版社, 62-192.]

Lu RK. 1999. Soil and Agricultural Chemistry Analysis[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1-163. [鲁如坤. 1999. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1-163.]

Jennifer LD，Rick JZ，John CM. 2001．Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in Western Colorado，USA [J]．*Applied Soil Ecology*, **18**: 83-96．

Ruf A. 1998. A maturity index for predatory soil mites (Mesostigmata：Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils [J]．*Applied Soil Ecology*, **9**: 447- 452．

Song CC, Ke Y, Deng W. 2003. Ecological Geochemistry of Salinization Soil in Songnen Plain [M]. Beijing: Science Press, 1-206. [宋长春, 何 岩, 邓 伟, 等. 2003. 松嫩平原盐渍土壤生态地球化学. 北京: 科学出版社, 1-206.]

Wu DH, Hu K, Yin XQ. 2004. Ecological characteristics of soil macro-animal community in mid-south Songnen degraded *Leymus chinensis* grassland under restoration succession[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, **13**(5): 121-126. [吴东辉, 胡 克, 殷秀琴. 2004. 松嫩草原中南部退化羊草草地生态恢复与重建中大型土壤动物群落生态特征. 草业学报, **13**(5): 121-126.]

Wu DH, Zhang B, Chen P. 2005. Ecological distributions and community compositions of the soil macro-animals in the Mid-west Plain of Jilin Province[J]**.** *Zool Res*, 26（4）: 365-372. [吴东辉, 张 柏, 陈 鹏. 2005. 吉林省中西部平原区大型土壤动物群落组成与生态分布. 动物学研究, 26（4）: 365-372.]

Yin WY. 1992. Subtropical Soil Animals of China [M]. Beijing: Science Press, 1-95. [尹文英. 1992. 中国亚热带土壤动物. 北京:科学出版社, 1-95.]

Yin WY. 1998. Pictorical Keys to Soil Animals of China [M]. Beijing: Science Press, 163-243, 527-562. [尹文英. 1998. 中国土壤动物检索图鉴. 北京：科学出版社, 163-243, 527-562.]

Yin XQ, Wang HX, Zhou DW. 2003. Characteristics soil animals' communities in different agricultural ecosystem in the Songnen Grassland of China [J]. *Acta Ecological Sinica*, **23**(6): 1071-1078. [殷秀琴, 王海霞, 周道玮. 2003. 松嫩草原区不同农业生态系统土壤动物群落特征. 生态学报, **23**(6)：1071-1078.]

Zhang Y, Jin DC, Yang MF, Wang HF. 2002. The progress of the research and its prospects on Oribatid mites [J]. *Journal of Guizhou University (Agricultural and Biological Science)*, **21**(5): 368-374. [张 燕, 金道超, 杨茂发, 王慧芙. 2002. 甲螨的研究进展及展望. 贵州大学学报（农业与生物科学版）, **21**(5): 368-374.]

Zhu TC. 2004. Yang-Cao Biological Ecology[M]. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 523-609. [祝廷成. 2004. 羊草生物生态学. 长春: 吉林科学技术出版社, 523-609.]

本刊编委张华堂研究员简介


张华堂研究员

张华堂，男，博士，研究员，博士生导师，中国科学院知识创新工程免疫生物学学科带头人。

1978 年考入哈尔滨医科大学，1983 年获（医学）学士，1987 获（免疫学）硕士，师从免疫学家巴德年院士，参加“六五”、“七五”国家重点项目“癌转移动物模型和生物疗法”研究，成为 4 项省部级、1 项国家级成果中具有突出贡献的青年学术骨干，1991 年受国家教委派遣，赴英国牛津大学学习，研究肿瘤新生血管形成的分子生物学机制，获博士学位。1994 年起在牛津、剑桥两大学工作，归国前在牛津大学医学系病毒免疫学实验室负责主持实验室日常工作，指导博士和博士后项目。

其学术研究以宿主因素在肿瘤生长和病毒感染中的决定性作用为主题，在实验肿瘤学、肿瘤免疫学、分子生物学、病毒学、细胞免疫学等几个相互关联的学科领域里，均有较好的著述发表在国际学术期刊上（*PNAS*, *JNCI*, *Cancer Res*, *JCI* 等）。在此多学科多方位广泛探索的基础上，积累了引领学术研究的丰富经验，形成了对学科发展的独特思考和设想。2005 年，由中科院昆明动物研究所暨中科院昆明灵长类研究中心，根据科技目标、学科发展和队伍建设，通过中国科学院“百人计划”自牛津大学引进回国。现从事艾滋病、乙型肝炎及禽流感等人类重大疾病的灵长类动物模型和免疫学机理研究。